

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift
⑯ DE 43 40 924 A 1

⑯ Int. Cl. 6:
H 03 K 4/08
H 03 B 5/04
G 05 F 3/26

DE 43 40 924 A 1

- ⑯ Aktenzeichen: P 43 40 924,5
⑯ Anmeldetag: 1. 12. 93
⑯ Offenlegungstag: 8. 6. 95

⑯ Anmelder:
TEMIC TELEFUNKEN microelectronic GmbH, 74072
Heilbronn, DE

⑯ Erfinder:
Drusenthal, Ullrich, Dipl.-Ing. (FH), 74076 Heilbronn,
DE; Schneider, Jürgen, Dipl.-Ing., 74193
Schwaigern, DE

⑯ Entgegenhaltungen:
DE 42 34 735 C1
DE 37 19 512 A1
N.N.: Electronics, Nov. 30, 1981, H. 24, S. 113;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Frequenzstabilier RC-Oszillator

⑯ Die Erfindung betrifft eine frequenzstabile RC-Oszillatorschaltung in integrierter MOS- oder Bipolar-Technologie net. Die Oszillatofrequenz wird von einer ohmschen Last, einer oder zwei Kapazitäten und einem Stromspiegelverhältnis bestimmt und ist weitgehend unabhängig von Schwankungen der Batteriespannung, von prozeßbedingten Toleranzen und der Betriebstemperatur.

DE 43 40 924 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen
BUNDESDRUCKEREI 04.95 508 023/74

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen frequenzstabilen RC-Oszillator nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Viele elektronische Schaltungen heutiger und zukünftiger Generationen benötigen zu ihrer Funktion einen Oszillator, beispielsweise zur Taktierung. Die in ihrem Aufbau relativ einfachen RC-Oszillatoren genügen in vielen Anwendungsfällen der Forderung nach einer kostengünstigen Lösung; sie bieten darüber hinaus den Vorteil, im Gegensatz beispielsweise zu Quarzoszillatoren, daß sie ohne diskrete Bauteile auskommen und somit voll integrierbar sind.

- Ein gravierender Nachteil, der sicherlich seither auch eine weitere Verbreitung gehemmt hat, ist die ausgeprägte Abhängigkeit ihrer Frequenz von der Batteriespannung und der Betriebstemperatur. Bei vielen RC-Oszillatoren ist ebenfalls ein starker Einfluß von Bauteil- und Fertigungstoleranzen vorhanden, so daß oftmals große Abweichungen zur gewünschten Frequenz hingenommen werden müssen, insbesondere bei einer kleinen Batteriespannung.

- Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen integrierbaren RC-Oszillator anzugeben, der bei niedriger Batteriespannung weitgehend unabhängig von Bauteil- und Fertigungstoleranzen und Schwankungen der Batteriespannung frequenzstabil arbeitet.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

- Ein Ladestrom wird in Abhängigkeit eines von einer Stromquelle erzeugten Konstantstromes von einer Ladestromschaltung erzeugt. Die wesentliche Neuerung der Erfindung liegt darin, daß eine für die Stromquelle notwendige und extern bereitgestellte Referenzspannung auch als Schaltschwelle einer Vergleichsschaltung herangezogen wird. Verändert sich diese Referenzspannung, indem sie beispielsweise aus irgendeinem Grund ansteigt, vergrößert sich dadurch auch ein durch eine ohmsche Last fließender Strom. Mittels der Ladestromschaltung steigt auch der Ladestrom zum Laden einer frequenzbestimmenden Kapazität. Der Anstieg der Referenzspannung am invertierenden Eingang der Vergleichsschaltung bewirkt aber auch einen größeren Spannungshub bis zum Erreichen der Schaltschwelle. Einem durch den erhöhten Ladestrom verursachten schnelleren Spannungsanstieg an der Kapazität steht somit ein höherer Spannungshub gegenüber, so daß die Zeit bis zum Erreichen der Schaltschwelle gleich groß und damit die Oszillatorkreisfrequenz weiterhin konstant bleibt. Deswegen hat auch die Batteriespannung auf die Oszillatorkreisfrequenz keinen Einfluß, da der von der Stromquelle erzeugte Konstantstrom in Abhängigkeit des Spannungsabfalles an der frequenzbestimmenden ohmschen Last geregelt wird.

- Von zwei prinzipiellen Ausführungen eines frequenzstabilen RC-Oszillators beinhaltet die erste neben einer Stromquelle, dem Ladeschaltung dienenden Stromspiegel und einer aus einem Transistorlement bestehenden Entladeschaltung eine Vergleichsschaltung und eine Verzögerungsschaltung, wobei eine ohmsche Last und eine Kapazität frequenzbestimmt sind. Als Stromquelle eignet sich neben der in Fig. 1 und 3 gezeigten Schaltungsanordnung besonders die unter dem Aktenzeichen P 43 26 2821 angemeldete Stromquellschaltung. Die Vergleichsschaltung, im allgemeinen durch einen Komparator oder einen als Komparator geschalteten Operationsverstärker verwirklicht, vergleicht die an der frequenzbestimmenden Kapazität anliegende Spannung mit der die Schaltschwelle darstellenden Referenzspannung. Beim Erreichen dieser Schaltschwelle wird ihr Ausgang kurzzeitig ein positives Spannungssignal zugeführt, das von der nachfolgenden Verzögerungsschaltung eine bestimmte Zeit lang aufrecht erhalten und an die nachgeschaltete Entladeschaltung weitergeleitet wird.

- Die bei dieser ersten prinzipiellen Ausführung eingesetzte Entladeschaltung besteht lediglich aus einem einseitig am Bezugspotential liegenden Transistorlement und hat die Aufgabe, die frequenzbestimmende Kapazität dann zu entladen, wenn sie von der Vergleichsschaltung über die Verzögerungsschaltung ein positives Spannungssignal erhält.

- Die zweite prinzipielle Ausführung eines frequenzstabilen RC-Oszillators enthält zwei Vergleichsschaltungen, eine um ein zweites Transistorlement und eine bistabile Kippstufe erweiterte Entladeschaltung, wiederum eine Stromquelle und eine aus einem Stromspiegel bestehende Ladeschaltung. Hierbei entfällt die Verzögerungsschaltung; frequenzbestimmt sind zwei Kapazitäten und eine ohmsche Last.

- Dieser in zwei prinzipiellen Ausführungen beschriebene RC-Oszillator wird vorteilhaft in MOS- oder Bipolar-technologie realisiert. In diesem Fall kann an die extern bereitgestellte Referenzspannung verzichtet und als Schaltschwelle die Schwellspannung von MOS-Transistoren bzw. die Basis-Emitterspannung im Arbeitspunkt von bipolaren Transistoren verwendet werden. Die frequenzbestimmenden Bauelemente, das heißt die ohmsche Last und je nach Ausführung eine oder zwei Kapazitäten, können direkt aufgebaut oder integriert werden. Bei einer Ausführung in einer MOS-Technologie mit integrierten frequenzbestimmenden Bauelementen eignen sich für diese beispielsweise die toleranzarme Gatekapazität eines Transistorlements und ein mit einem sehr geringen Temperaturkoeffizient behafteter Poly-Silizium-Widerstand.

- Die mit den vorteilhaften Ausführungsbeispielen erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß nur die Kapazität, die ohmsche Last sowie das Stromübergangsverhältnis des Stromspiegels frequenzbestimmt sind und somit der durch Parameterstreuung und variabler Betriebsbedingungen hervorgerufene Frequenzstrebereich wirksam eingeengt wird. Fertigungstoleranzen der aktiven Bauelemente (MOS-, Bipolartransistoren), Temperatur und der Absolutwert der Schwellspannung sowie die Betriebsspannung haben auf die Oszillatorkreisfrequenz keinen Einfluß. Das hat auch zur Folge, daß bei einem derartigen RC-Oszillator an der aufgebauten integrierten Schaltung in vielen Fällen keine Trimmung zur Einstellung der gewünschten Frequenz vorgenommen werden muß. Beabsichtigte Korrekturen an der frequenzbestimmenden Dimensionierung der Zappen vorgenommen werden.

Mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden

näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 einen RC-Oszillator als ein erstes prinzipielles Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer Vergleichsschaltung und einer Verzögerungsschaltung,

Fig. 2 der zeitliche Verlauf der Oszillatorspannung des ersten Ausführungsbeispiels,

Fig. 3 einen RC-Oszillator als ein zweites prinzipielles Ausführungsbeispiel der Erfindung mit zwei Vergleichsschaltungen und einer bistabilen Kippstufe,

Fig. 4 der zeitliche Verlauf der Oszillatorspannung des zweiten Ausführungsbeispiels,

Fig. 5 eine erste Weiterbildung des Ausführungsbeispiels nach Fig. 1 in MOS-Technologie,

Fig. 6 eine zweite Weiterbildung des Ausführungsbeispiels nach Fig. 1 in MOS-Technologie und

Fig. 7 eine dritte Weiterbildung des Ausführungsbeispiels nach Fig. 1 in MOS-Technologie.

In Fig. 1 ist eine beispielhafte Ausführung der Erfindung dargestellt. Eine mit dem Bezugssymbol 1 bezeichnete Stromsenke setzt sich aus einem Operationsverstärker OP_{11} , einem Transistorlement T_{11} und einer frequenzbestimmenden ohmschen Last R_{11} , die einseitig auf Bezugspotential liegt, zusammen. Durch den Transistor T_{11} und die ohmsche Last R_{11} fließt der aus einem Stromspiegel 2 gezogene Konstantstrom I_K , dessen Wert sich bei einem großen Innenwiderstand der Stromsenke durch den Quotienten aus einer Referenzspannung U_{Ref} und der strombestimmenden und damit auch frequenzbestimmenden Ohmschen Last R_{11} bestimmt. Am nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers OP_{11} liegt die Referenzspannung U_{Ref} ; an seinem invertierenden Eingang die am Widerstand R_{11} abfallende Spannung U_{R11} .

Zusammen mit der ohmschen Last R_{11} und dem Transistor T_{11} bildet der Operationsverstärker OP_{11} einen Regelkreis, der bei einem vorgegebenen Wert von R_{11} einen Konstantstrom I_K , abhängig von der Referenzspannung U_{Ref} , aber unabhängig von der Batteriespannung U_{Bat} einstellt. Eine Änderung der Batteriespannung U_{Bat} bewirkt eine Stromänderung durch T_{11} über seinen Ausgangswert und damit ebenso eine Änderung des Spannungsabfalls U_{R11} an der ohmschen Last R_{11} , was den als Regler eingesetzten Operationsverstärker OP_{11} dazu veranlaßt, den Leitwert des Drain-Source-Kanals bzw. der Kollektor-Emitterstrecke des als Stellglied wirkenden Transistors T_{11} herauf- oder herabzusetzen. Dadurch wird der Strom I_K nachgeregelt und auf den über die Referenzspannung U_{Ref} vorgegebenen Wert eingestellt.

Dieser in die Stromsenke 1 hineinfließende Strom I_K stellt gleichzeitig den negativen Eingangstrom des Stromspiegels 2 dar. Über das Stromübertragungsverhältnis N_1 wird der negative Ausgangstrom des Stromspiegels 2 bestimmt, der als Ladestrom I_{C1} der Kapazität C_1 dient.

Zu einer Vergleichsschaltung 3 gehören die einseitig am Bezugspotential liegende frequenzbestimmende Kapazität C_1 und ein Komparator oder ein als Komparator geschalteter Operationsverstärker OP_3 . Seinem nichtinvertierenden Eingang wird die an der Kapazität liegende Spannung U_{C1} , seinem invertierenden Eingang die Referenzspannung U_{Ref} zugeführt.

Sobald die an der Kapazität C_1 anliegende Spannung U_{C1} den Wert der Referenzspannung U_{Ref} erreicht, wird dem Ausgang des Komparators OP_3 eine positive Spannung zugeführt. Fig. 2 veranschaulicht den Verlauf der Spannungen.

Die Verzögerungsschaltung 6, beispielsweise durch eine monostabile Kippstufe verwirklicht, versetzt nun das Schalter eingesetzte Transistorlement T_{41} der Entladeschaltung 4 in den leitenden Zustand, um die Kapazität C_1 zu entladen. Dabei ist ihre Verzögerungszeit t_{V22} so groß zu wählen, daß die Kapazität C_1 annähernd vollständig entladen werden kann. Nach der Zeitspanne t_{V22} fällt die monostabile Kippstufe in ihren stabilen Zustand zurück, wodurch dem Ausgang der Verzögerungsschaltung 6 keine positive Spannung mehr zugeführt wird.

Das Fehlen einer positiven Spannung am Gate bzw. an der Basis des Transistorlements T_{41} der Entladeschaltung 4 versetzt das Transistorlement in den sperrenden Zustand. Ab diesem Zeitpunkt beginnt ein erneutes Laden der Kapazität C_1 und damit eine neue Periode der Oszillatorschwingung.

Anhand der folgenden Gleichungen 1 bis 6 soll dargestellt werden, daß die Oszillatorenfrequenz im wesentlichen nur von der ohmschen Last, dem Stromspiegelverhältnis und den Kapazitäten bestimmt wird.

Für den Konstantstrom I_K der Stromsenke 1 gilt (Literaturhinweise Tietze, Schenk: Halbleiterschaltungstechnik 4. Auflage, Seite 247):

$$I_K = \frac{U_{Ref}}{R_{11}} \quad (1)$$

Für den Stromspiegel 2 gilt, daß sich der Betrag des Ausgangstroms aus dem Produkt aus Eingangstrom und dem zugehörigen Stromübertragungsverhältnis ergibt. Bezogen auf die vorliegende Schaltungsanordnung lautet diese Beziehung

$$I_{C1} = N_1 \cdot I_K \quad (2)$$

Das Zeitverhalten der Vergleichsschaltung 3 läßt sich mit der Gleichung

$$t_{VZ1} = \frac{U_{Ref} \cdot C_1}{I_{C1}} \quad (3)$$

5

beschreiben.

Werden die Gleichungen (1) und (2) entsprechend umgeformt und in Gleichung (3) eingesetzt, so ergibt sich

10

$$t_{VZ1} = \frac{R_{11} \cdot C_1}{N_1} \quad (4)$$

15

Für eine Periode der Oszillatorkreisfrequenz schließlich gilt unter Berücksichtigung des Zeitverhaltens der Verzögerungsschaltung 6, das mit t_{VZ2} beschrieben werden soll:

20 $T_{OSZ} = t_{VZ1} + t_{VZ2}$,

woraus mit

25 $T_{OSZ} = \frac{1}{f_{OSZ}}$

30 folgt:

35 $f_{OSZ} = \frac{1}{t_{VZ1} + t_{VZ2}} \quad (5).$

Gleichung (4) in Gleichung (5) eingesetzt ergibt für die Oszillatorkreisfrequenz:

40 $f_{OSZ} = \frac{1}{R_{11} \cdot C_1 + N_1 \cdot t_{VZ2}} \quad (6).$

45 Mit der Randbedingung $t_{VZ1} > t_{VZ2}$ zeigt Gleichung (6), daß die Oszillatorkreisfrequenz im wesentlichen tatsächlich nur von der ohmschen Last, der Kapazität und dem Stromübertragungsverhältnis bestimmt wird.

Fig. 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel des frequenzstabilen RC-Oszillators. Die Stromsenke 1 ist in Aufbau und Funktionsweise identisch zu der im ersten Ausführungsbeispiel verwendeten. Gleiches gilt für die Vergleichsschaltung 3; sie ist jedoch in diesem Ausführungsbeispiel doppelt vorhanden und ersetzt mit ihrer zweiten Ausführung 5 die in Fig. 1 verwendete Verzögerungsschaltung 6.

50 Bedingt durch eine zweite Kapazität C_2 wird dem Stromspiegel 2 ein drittes Transistorelement T_{23} hinzugefügt, das der Kapazität C_2 den Ladestrom I_{C2} zuführt.

Zusätzlich erfordert diese zweite Kapazität C_2 eine Erweiterung der Entladeschaltung 4 um ein zweites Transistorelement T_{42} und ein Schaltungsmitglied FF, das die beiden als Schalter zum Entladen der Kapazität C_1 bzw. C_2 eingesetzten Transistorelemente T_{41} bzw. T_{42} steuert.

Realisiert werden kann das Schaltungsmitglied FF beispielsweise durch eine bistabile Kippstufe. Es hat die

55 Aufgabe, die Transistorelemente T_{41} und T_{42} in Abhängigkeit der am Ausgang der beiden Komparatoren OP_3 und OP_5 anstehenden Spannungen darunter zu steuern, daß sich zu einem beliebigen Zeitpunkt das eine Transistorlement im Sperrzustand und das andere im leitenden Zustand befindet.

Frequenzbestimmend bei diesem Ausführungsbeispiel eines frequenzstabilen RC-Oszillators sind die ohmsche Last R_{11} , die Kapazitäten C_1 und C_2 und die Stromübertragungsverhältnisse N_1 und N_2 .

60 Fig. 4 zeigt den zeitlichen Verlauf der Oszillatortension U_{OSZ} . Eine Periode T_{OSZ} setzt sich aus den beiden Anteilen t_{VZ1} und t_{VZ2} zusammen, wobei für t_{VZ2} gilt:

$$t_{VZ2} = \frac{R_{11} \cdot C_2}{N_2}$$

5

Hierbei wird die Dauer t_{VZ1} (Gleichung 4) unter anderem durch die Kapazität C_1 und die Dauer t_{VZ2} unter anderem durch die Kapazität C_2 bestimmt.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Eine Schwingung nach dem Anlegen der Batteriespannung U_{Ba} beginnt damit, daß eines der beiden Transistorlemente T_{41} oder T_{42} der Entlastschaltung 4 sperrt und das andere leitet. Welchen Zustand dabei ein Transistorlement einnimmt, ob sperrend oder leitend, hängt bei den hier verwendeten selbstsperrrenden n-Kanal-MOSFETs davon ab, welchen Schaltzustand die hier eingesetzte bistabile Kippstufe FF einnimmt, das heißt welchem Ausgang ein positives Spannungssignal zugeführt wird. Derjenige MOSFET, dessen Gate kein positives Spannungssignal zugeführt wird, verbleibt im sperrenden Zustand und ermöglicht so das Laden der jeweiligen parallel geschalteten Kapazität C_1 bzw. C_2 . Der andere MOSFET, dessen Gate die bistable Kippstufe eine positive Spannung zuführt, wechselt in den leitenden Zustand, wodurch die zu ihm parallel geschaltete Kapazität nicht geladen werden kann.

Bedingt durch den jeweiligen Ladestrom I_{C1} bzw. I_{C2} steigt die Spannung U_{C1} bzw. U_{C2} an derjenigen Kapazität C_1 bzw. C_2 , an die geladen wird. Erreicht die Spannung U_{C1} bzw. U_{C2} die Schaltschwelle, gebildet durch den Betrag der am invertierenden Eingang des Komparators OP_3 bzw. OP_5 liegenden Referenzspannung U_{Ref} , wird dem Ausgang des betreffenden Komparators ein positives Spannungssignal zugeführt. Dieses Ausgang anlegt und denjenigen Transistor in den leitenden Zustand versetzt, der bisher sperrte. Folglich wird die dazu parallel geschaltete Kapazität, die sich soeben noch im Ladestand befand, entladen, und die andere Kapazität so lange geladen, bis ihre Spannung die Schwelle erreicht. Durch dieses abwechselnde Laden und Entladen der beiden Kapazitäten C_1 und C_2 kommt die in Fig. 4 gezeigte Oszillation zustande.

In Fig. 5 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines frequenzstabilen RC-Oszillators dargestellt, wie er in CMOS-Technologie realisiert werden kann. Im Gegensatz zu den Ausführungsbeispielen in Fig. 1 und 3 braucht hier keine externe Referenzspannung bereitgestellt zu werden, da die Schwellspannung V_T der verwendeten MOSFETs T_1 und T_3 als Referenzspannung herangezogen wird. Möglich ist diese Methode deshalb, da alle gleichartigen Transistoren, wie beispielweise die in diesem Ausführungsbeispiel verwendeten selbstsperrrenden n-Kanal-MOSFETs, in ein und demselben Herstellungsprozeß gleiche technologisch bedingte Parameter wie z. B. die gleiche Schwellspannung aufweisen.

Ersetzt man nun in den Gleichungen (1) und (3) die Größe U_{Ref} durch die nun als Referenzspannung herangezogene Schwellspannung V_T , so kann man nachvollziehen, daß auch bei diesem Ausführungsbeispiel des frequenzstabilen RC-Oszillators die Oszillationsfrequenz f_{osc} nur vom Stromspiegelverhältnis N_1 der ohmschen Last R_{11} und der Kapazität C_1 bestimmt wird.

Ohne Einfluß auf die Oszillatorkreisfrequenz ist die Batteriespannung U_{Ba} weiterhin die Schwellspannung V_T , ihre fertigungsabhängige Toleranz und ihre Temperaturabhängigkeit.

Obereinstimmend mit dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel sind in Fig. 5 der Stromspiegel 2, die Entlastschaltung 4 und die Verzögerungsschaltung 6, weshalb hier lediglich auf die ausführliche Beschreibung dieser Schaltungsteile an entsprechender Stelle verwiesen werden soll.

Bei dem in Fig. 5 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Stromsenke 1 aus einer frequenzbestimmenden ohmschen Last R_{11} und dem Transistorlement T_{11} aufgebaut; der Konstantstrom I_K bezieht sie aus dem Stromspiegel 2. Zum Aufbau eines Regelkreises, der den Strom I_K durch die ohmsche Last R_{11} unabhängig von der Batteriespannung U_{Ba} konstant halten soll, wird zusätzlich zum Stromspiegel 2 ein Transistorlement T_1 und eine Konstantstromquelle K_1 als aktive Last benötigt, die den Konstantstrom I_1 liefert. Dieser Strom I_1 durchfließt das Transistorlement T_1 und erzeugt am Source-Drain-Kanal bzw. an der Emitter-Kollektorstrecke einen Spannungsabfall, mit dessen Hilfe das Transistorlement T_{11} der Stromsenke 1 gesteuert wird. Der konstant zu haltende Strom I_K , der mittels des Transistorlements T_{11} gesteuert wird, erzeugt seinerseits an der ohmschen Last R_{11} einen Spannungsabfall, der abgegriffen wird und dazu dient, das Transistorlement T_1 zu steuern.

Eine Änderung des konstant zu haltenden Stroms I_K , beispielsweise durch ein Absinken der Batteriespannung U_{Ba} , bewirkt mittels der ohmschen Last R_{11} eine Änderung der Steuerspannung des Transistorlements T_1 , und hervorgerufen durch den dadurch geänderten Widerstand des Source-Drain-Kanals bzw. der Emitter-Kollektorstrecke, eine Änderung der Steuerspannung des Transistorlements T_{11} , der Stromsenke 1 gesteuert wird, da der ursprünglichen Änderung des Stroms I_K entgegengewirkt wird und sich der gewünschte Wert wieder einstellt.

Den für diesen Regelkreis nötigen Sollwert liefert in diesem Ausführungsbeispiel die Schwellspannung V_T bei MOSFETs bzw. die Basis-Emitterspannung im Arbeitspunkt bei bipolaren Transistoren. Dadurch kann die in Fig. 1 und 3 extern bereitgestellte Referenzspannung U_{Ref} entfallen.

Dieses Prinzip zur Realisierung eines vereinfachten Operationsverstärkers in CMOS-Technologie wird auch zur Ausführung des in der Vergleichsschaltung 3 der Fig. 3 verwendeten Operationsverstärkers OP_5 angewandt.

Verursacht durch den Ladestrom I_{C1} steigt die Spannung U_{C1} an der frequenzbestimmenden Kapazität C_1 . Sie wird dem Gate bzw. der Basis des Transistorlements T_{31} zugeführt, das als Schalter eingesetzt ist und den Strom I_2 entweder in die Verzögerungsschaltung 6 hinein oder nach Masse hin ableiten läßt.

Als Schaltschwelle dient die Schwellspannung V_T bzw. die Basis-Emitterspannung im Arbeitspunkt des Transistorlements T_{31} ; sein Gate- bzw. Basis-Anschluß stellt den invertierenden Eingang eines Operationsver-

stärker dar. Überschreitet die an der Kapazität C_1 liegende Spannung U_{C1} diese Schaltschwelle zu einem bestimmten Zeitpunkt, fließt der Strom I_2 nicht mehr in die Verzögerungsschaltung 6 hinein, sondern über den Source-Drain-Kanal bzw. Über die Emitter-Kollektortrecke des Transistorelementes T_{31} nach Masse hin. Aufgabe der Verzögerungsschaltung 6 ist es, ab diesem Zeitpunkt solange das Transistorelement T_{41} der Entladeschaltung 4 mittels einer positiven Spannungssignals durchzusteuern, bis die Kapazität C_1 weitgehend entladen ist. Sobald die Verzögerungsschaltung 6 kein positives Spannungssignal mehr abgibt, sperrt das Transistorelement T_{41} und die frequenzbestimmende Kapazität C_1 wird mittels des Stromes I_C1 von neuem geladen.

Dabei wird die Frequenz der Oszillationsspannung ausschließlich von der Zeit bestimmt, die die Spannung U_{C1} benötigt, um die Schaltschwelle zu erreichen, was wiederum durch entsprechende Dimensionierung der ohmschen Last R_{11} , dem Stromspiegelverhältnis N_1 und der Kapazität C_1 beeinflußt wird.

Fig. 6 zeigt eine Variante des in Fig. 5 dargestellten Ausführungsbeispiels eines frequenzstabilen RC-Oszillators. Hierbei wird der Stromspiegel 2 und die Transistorelemente T_{23} und T_{24} erweitert, welche die Konstantströme I_1 und I_2 liefern und somit die Konstantstromquellen K_1 und K_2 (Fig. 5) ersetzen. In allen weiteren Schaltungsteilen stimmt die Fig. 6 mit der Fig. 5 überein.

Fig. 7 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines frequenzstabilen RC-Oszillators, wobei Schaltungsteile und Verschaltungsmethoden des ersten (Fig. 1) und des dritten (Fig. 5) Ausführungsbeispiels kombiniert werden. Auch diese Ausführung benötigt keine extern bereitgestellte Referenzspannung, da die Schwellspannung VT bzw. die Basis-Emitterspannung im Arbeitspunkt des Transistorelementes T_1 dem invertierenden Eingang des Komparators OP_3 der Vergleichsschaltung 3 als Schaltschwelle zugeführt wird.

Die Wirkungsweise der Schaltungsteile Stromspiegel 2, Vergleichsschaltung 3, Entladeschaltung 4 und Verzögerungsschaltung 6 ist vom ersten Ausführungsbeispiel (Fig. 1) her bekannt und an entsprechender Stelle beschrieben; die Stromsenke 1 in Verbindung mit der Konstantstromquelle K_1 und dem Transistorelement T_1 entstammt dem dritten Ausführungsbeispiel (Fig. 5) und wird ebenfalls an entsprechender Stelle beschrieben.

25 Patentansprüche

1. RC-Oszillatorschaltung mit einer frequenzbestimmenden ohmschen Last (R_{11}) und wenigstens einer frequenzbestimmenden Kapazität (C_1), gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- a) Es ist eine Stromsenke (1) vorgesehen, die in Abhängigkeit der frequenzbestimmenden ohmschen Last (R_{11}) und einer Referenzspannung (U_{Ref}) einen Konstantstrom I_K erzeugt,
- b) der Konstantstrom (I_K) steuert eine Ladestromschaltung (2), die der Kapazität (C_1) einen konstanten Ladestrom (I_{C1}) zuführt,
- c) ferner ist wenigstens eine Vergleichsschaltung (3, 5) vorgesehen, die einen Vergleich der Ladespannung (U_{C1}) an der Kapazität (C_1) mit der Referenz-Spannung (U_{Ref}) vornimmt und ein entsprechendes Vergleichsergebnis ($V \cdot (U_{C1} - U_{Ref})$) erzeugt und
- d) Schließlich ist eine Entladeschaltung (4) für die Kapazität (C_1) vorgesehen, der das Vergleichsergebnis ($V \cdot (U_{C1} - U_{Ref})$) zugeführt wird.

2. RC-Oszillatorschaltung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- a) Es ist eine weitere frequenzbestimmende Kapazität (C_2) vorgesehen,
- b) die Ladestromschaltung (2) führt auch der weiteren Kapazität (C_2) einen Ladestrom (I_{C2}) zu,
- c) ferner ist eine weitere Vergleichsschaltung (5) zum Vergleich der Ladespannung (U_{C2}) an der weiteren Kapazität (C_2) mit der Referenzspannung (U_{Ref}) vorgesehen, die ein entsprechendes Vergleichsergebnis ($V \cdot (U_{C2} - U_{Ref})$) erzeugt und
- d) die Entladeschaltung steuert in Abhängigkeit der Vergleichsergebnisse der beiden Vergleichsschaltungen ($V \cdot (U_{C1} - U_{Ref})$; ($V \cdot (U_{C2} - U_{Ref})$)) den Lade- und Entladevorgang der beiden Kapazitäten (C_1 ; C_2) derart, daß sich zu einem beliebigen Zeitpunkt immer eine Kapazität im Ladezustand und die andere Kapazität im Entladezustand befindet.

3. RC-Oszillatorschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleichsschaltung (3) eine Verzögerungsschaltung (6) nachgeschaltet ist.

4. RC-Oszillatorschaltung nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Entladeschaltung (4) aus einem als Schalter eingesetzten Transistorelement (T_{41}) besteht, das parallel zu der zu entladenden Kapazität (C_1) angeordnet ist.

5. RC-Oszillatorschaltung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Entladeschaltung (4) aus einem als Schalter eingesetzten Transistorelement (T_{41} ; T_{42}) besteht, das parallel zu der zu entladenden Kapazität (C_1 ; C_2) angeordnet ist, wobei diese Transistorelemente (T_{41} ; T_{42}) mittels einer bistablen Kippstufe (FF) gesteuert werden, deren Schaltzustand vom Ergebnis der beiden Vergleichsschaltungen (3; 5) abhängt, und die

Oszillationsspannung (U_{OSS}) am Ausgang der bistablen Kippstufe (FF) anliegt.

6. RC-Oszillatorschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Ladestromschaltung (2) ein Stromspiegel verwendet wird, der vom Strom der Stromsenke (1) gesteuert wird und einen oder mehrere Ausgänge aufweist.

7. RC-Oszillatorschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichsschaltung (3, 5) von der Ladespannung der jeweiligen Kapazität (C_1 , C_2) die Referenzspannung (U_{Ref}) subtrahiert und bei einem positiven Ergebnis ihrem Ausgang eine positive Spannung zuführt.

8. RC-Oszillatorschaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromsenke (1) aus einem eine ohmsche Last (R_{11}) und ein Transistorelement (T_{11}) in Gate- bzw. Basischaltung enthaltenden Strompfad besteht, wobei die Steuerung des Transistorelements (T_{11}) durch die Ausgangsspannung eines Operationsverstärkers (OP_1) erfolgt, der die Differenz zwischen der extern bereitge-

DE 43 40 924 A1

stellten Referenzspannung (U_{Ref}) und der an der ohmschen Last (R_L) abfallenden Spannung verstärkt.
9. RC-Oszillatorschaltung nach einem der Ansprüche 1 – 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzspannung von der Schwellspannung eines MOSFETs (T_1) bzw. der Basis-Emitterspannung im Arbeitspunkt eines bipolaren Transistorelements bestimmt ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

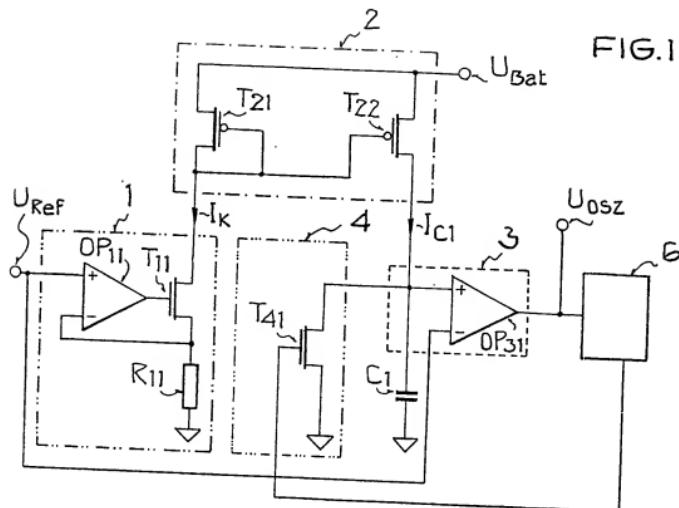


FIG.1

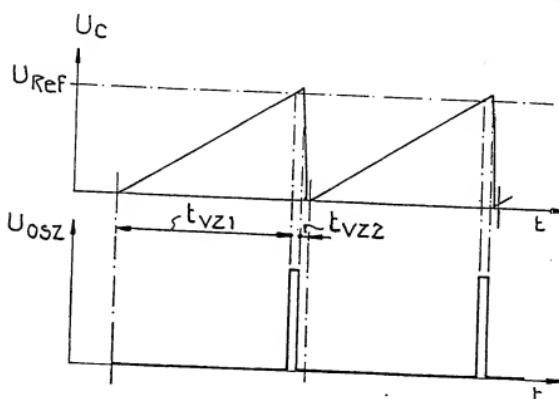


FIG.2

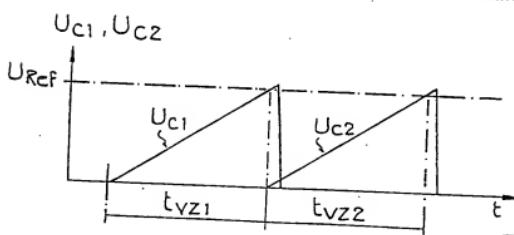
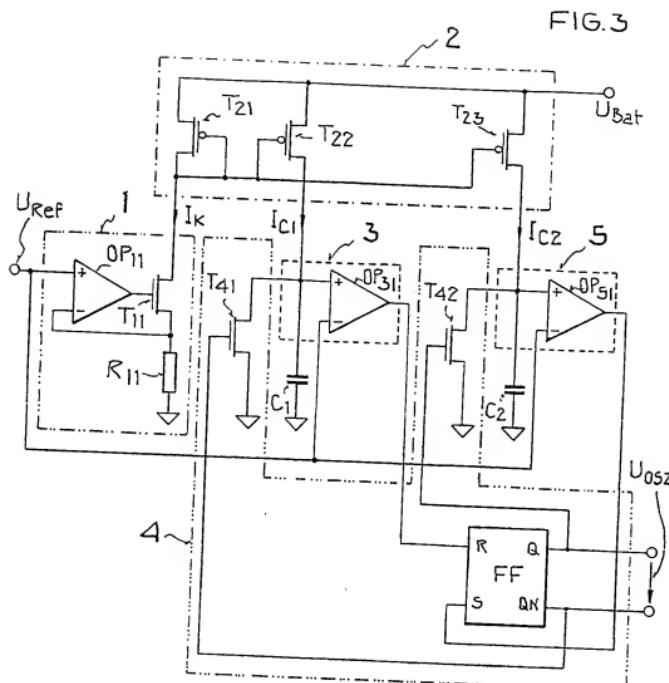
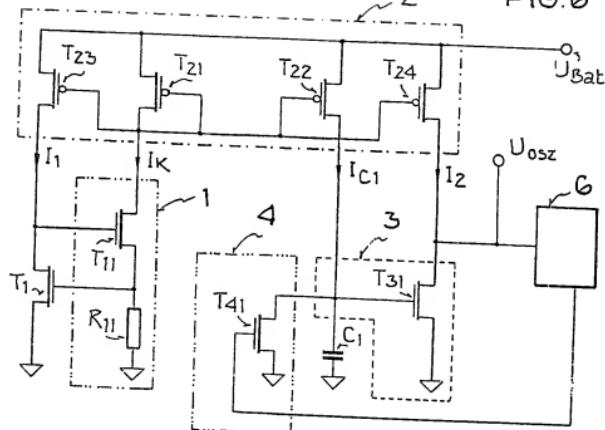


FIG. 6



2

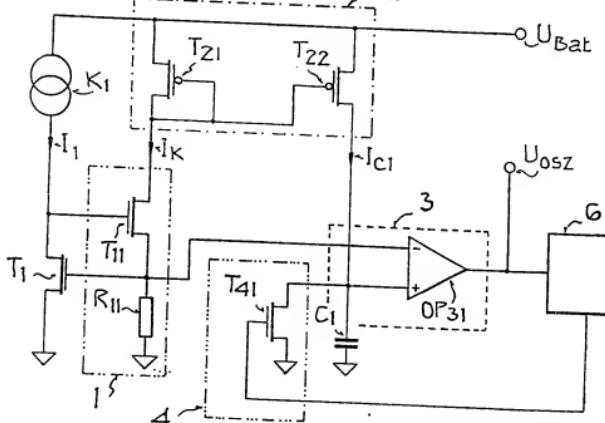


FIG. 7

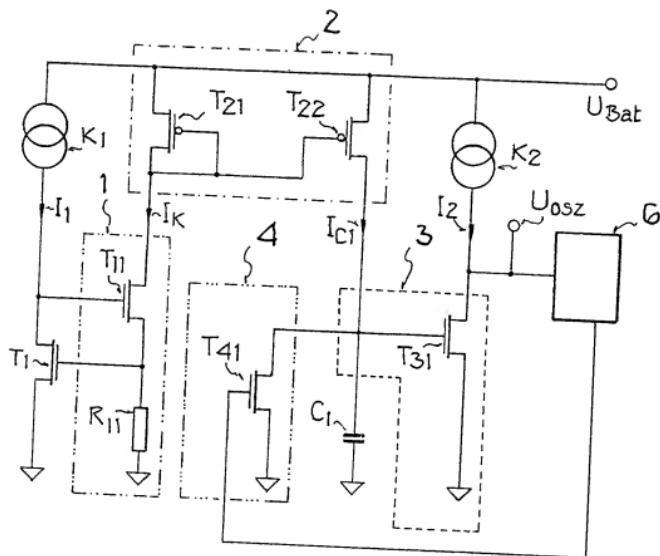


FIG.5